



海外活動委員会編

タンザニアの土質の概要とセメント、 石灰安定処理について

山下 宏*

1. ま え が き

筆者は 1967 年 3 月より 1968 年 9 月までの 1 年半の間、タンザニア公共事業省 材料研究所に技術指導のため勤務し、主として土質についての問題を扱ったが、この報告はその中の一つである。タンザニアは赤道直下、南緯 1° より 11° の熱帯で、1962 年イギリス統治から脱した若い独立国である。人口は約 1 200 万、面積は日本の 2.5 倍、気候はインド洋沿岸の地帯は年間を通じて大体 30°C をこすが、内陸高原地帯は海拔 700~2 000 m で 30°C をこすことはまれで、雨季にはオーバー、ストープが欲しいところもある。雨量は海岸地方で 1 100 mm、内陸地方は 500 mm 程度で、いわゆるサバンナ草原という大草原にアカシヤの木が点々と生えている風景が見られる。

広大な内陸部をかかえているので資材の運輸が重要であるが、鉄道は全土をカバーするに至らず、またそれ自体も老朽化しているので道路にますます依存する度合が強くなって来ている。国道の総延長は 162 000 km、その中のアスファルト処理道は約 1% の 1 400 km、それ以外は砂利または自然道路である。交通運輸の需要が高まるとともに、他国と同じように自動車の大型化が進んでいるため簡易舗装的な旧来の構造ではこれに耐えられなくなってきている。これらの簡易な舗装の改良を行なうとすれば、強度のより高い路盤構造を必要とするが、タンザニアには良質の岩石が少ないのと、碎石の生産能力が低いために、近來ソイル スタビリゼーションによる路盤の改良が多く行なわれるようになってきた。この報告では、若干、タンザニア各地域の土の特質の概略についてふれ、タンザニアの代表的な土質とみなされるラテライト系の土とサンゴ礁の風化砂との 2 種類の土についてのセメントおよび石灰安定処理についてのべた。

2. ラ テ ラ イ ト

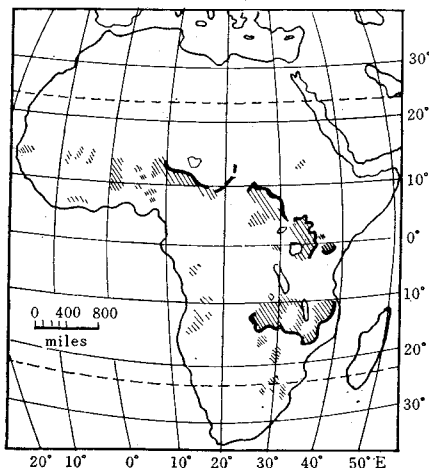
ラテライト土は熱帯地方に広く分布するものでアフリカのみならずインド、オーストラリア、東南アジア、中南米にも見られる。色は所によって異なるが東南アジアのものはアフリカのよりも赤色が強い。図-1、2、3 にアフリカ、インド、オーストラリアのラテライトの分布を示した。E.C.J. Mohr と F.A. Van¹⁾ はインドネシヤのラテライトの成生を 図-4 のように火山灰よりラテライトになるまでのモデル的な過程を主として離脱現象より説明している。この中で 5 つの過程に分け、

1. 発生期 フレッシュな灰
2. 幼年期 “Tarapan” という土
3. 青年期 褐色土
4. 老年期 赤色土
5. 最終期 “ラテライト”

のような成生を見ると説明している。

ラテライトの性質は地域によって異なるが、表-1 に

図-1 アフリカのラテライト分布¹⁾



* 正会員 建設省土木研究所新潟試験所長

図-2 インドのラテライト分布¹⁾

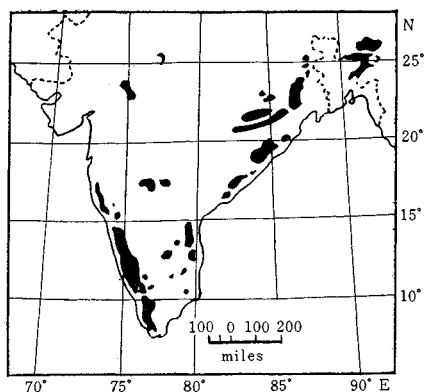
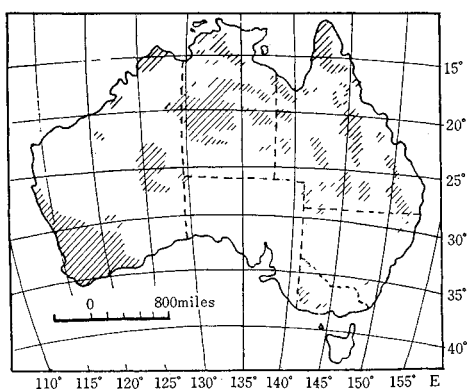


図-3 オーストラリアのラテライト分布¹⁾



インドネシアと東アフリカのラテライトの一般的性質を示した。インドネシアのラテライトは東アフリカよりも土粒子の細粒分が多く 5μ 以下が約 80% も占めているが、タンザニアのは約 20% にすぎない。色はインドネシアの方が強いチョコレート色をしていて、液性限界も高い。

3. タンザニアの土の一般的な性質

タンザニアは日本の 2.5 倍の面積をもつので、その土の種類、性質について一言で説明することはできない。しかし、日本ほど種類は多くない。図-5 および図-6 は過去の国道建設のために行なったかなり広範囲な土質試験結果より最大乾燥密度、O.M.C. および C.B.R. などの一般的傾向をつかむためにまとめたものである。図-5 はタンザニアの各地域の土の最大乾燥密度と最適含水比 (Mod. AASHO) の関係を示したもので、その地域によってあ

図-4 火山灰よりラテライトへの生成段階

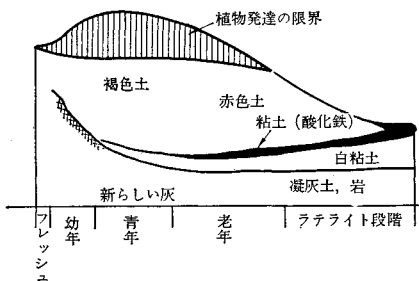


表-1 インドネシアと東アフリカのラテライトの一般的性質

地 域	インドネシア	タンザニア
採 取 地	ジャカルタ	スマトラ パレンバン
チョコレート色の強さ	①	②
比 重	2.7	2.63
液 性 限 界	75	37
塑 性 限 界	35	21
塑 性 指 数	40	16
粒 度 (%)	>2.0	
	2.0 ~ 0.074	5
	0.074 ~ 0.005	7
	0.005 >	78
自然含水比 (%)	50	26

るチラバリの範囲があることを知ることができる。北部のケニア国境地域は $1.4 \sim 2.0 \text{ g/cc}$ の間にありちらばりが大きい。これは一部に山岳地帯があるために、土の種類が多いためと思われる。中央内陸部では $1.6 \sim 2.0 \text{ g/cc}$ の間にちらばり、海岸地域では他の 2 者に比較してこの分布の範囲は狭く、 $1.7 \sim 2.0 \text{ g/cc}$ である。また、 $\gamma_{d \max}$ と O.M.C. との関係では 図-5 のように一つの

図-5 タンザニアの各地域の土の最大乾燥密度と最適含水比の関係

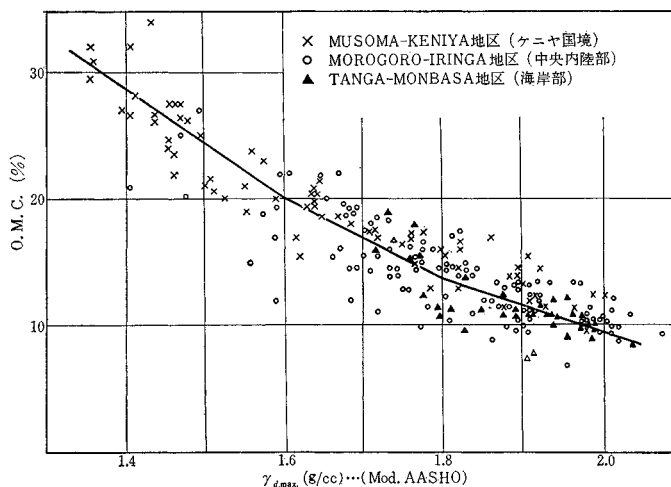
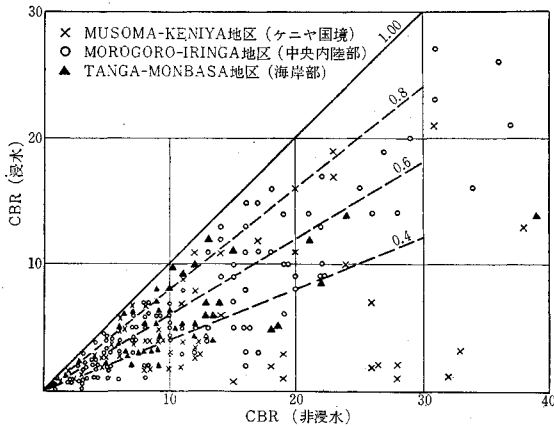


図-6 タンザニアの各地域の土の非浸水、浸水の C.B.R. 値



相関性がみられ、 $r_{d\max}$ が大であるほどその O.M.C. は小となっている。O.M.C. の範囲は、北部のケニア国境地域の一部のものを除いては 10% から 20% の間にある。ラテライト系の土は図の中でどの地域にも分布しているが、サンゴ礁の風化土は主として海岸地域にかたよっている。

図-6 はタンザニア各地域の非浸水、浸水の C.B.R. 値の比較を試みたものであるが、この図から強いて一般的傾向をみいだせば、浸水後の C.B.R. は、浸水前の C.B.R. の 0.4 と 0.8 の間に入るものが多い。1.0 から 0.8 の間に入るものは海岸地域のもので、これらは砂質系のものであるから浸水の影響は小であるといえる。図よりタンザニアの各地域の C.B.R. 値は、非浸水、浸水をとわず、0%~10% の間に最も多く分布し、20% をこえるものは少ない。これらのことは舗装の概略的な設計をするときの一つの情報となりうるものと考えられる。

写真-1 市街道路



写真-2 密度測定

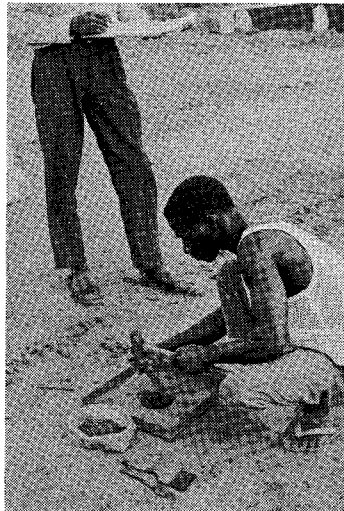


写真-3 アスファルト



4. ソイル スタビリゼーションのための材料とその性質

前項において $r_{d\max}$ と O.M.C. および、浸水時の C.B.R. の低下などについて説明し、タンザニアの土質の概略についてのべたが、単にラテライトといってもその性質は地域によって非常に異なる。また、サンゴ礁の風化土についても同様なことがいえる。このソイルスタビリゼーションのための材料はラテライト、風化土ともにタンザニアの首都ダルエスサラムの近郊から採取したもので、その土の一般的性質は表-2 に示す。

表-2 実験に用いた土の性質

		ラテライト	サンゴ礁の風化土
P R	分類	A-4	A-3
	色	赤 褐 色	白 灰 色
	比 重	2.63	2.61
	液 性 限 界	20	—
	塑 性 指 数	7	
粒 度 (%)	~2.0 mm		
	2.0 ~0.074	60	85
	0.074~0.005	20	10
	0.005~	20	5
採 取 場 所			

実験に用いたセメント、石灰ともにタンザニア製のもので、それぞれの比重は 3.07, 2.5 であった。セメントは大工場製のもので比較的安定な品質をもっていると思われたが、石灰は家内工業的な製品で良質とはいえない。

5. 実験条件

- 1) 最大乾燥密度, 最適含水比をもとめるための締め固め方法: JIS A 1210 (3層 25回, 2.5kg ランマー) および Mod. AASHO (5層 25回, 4.5kg ランマー) の2種
- 2) セメント, 石灰の混合比: 0, 2, 4, 6, 8% の5種
- 3) 一軸圧縮強度および C.B.R. のための試験
 - a) 締め固め方法……静的法
 - b) 試料の大きさ……一軸圧縮は 10cm (高さ) × 5cm (直径), C.B.R. は一般用 (15cm × 12.5cm)
 - c) 混合法……実験用 アイリッヒ ミキサ 1分間混合
 - d) 養生…… i) 非浸水 ワックスシール 7日間
ii) 浸水 ワックスシール 6日間の後 24時間浸水

写真-4 アスコンフィニッシャー (イタリア, ユーゴ系の人たち)



セメントおよび石灰の混合比と最大乾燥密度, 最適含水比との関係をもとめるための締め固め方法は, Mod. AASHO と JIS A 1210 の二つの方法を用い比較を行った。また, 一軸圧縮強度を求めするための試料は, 締め固め試験によりえられた混合比, 最適含水比を計量し, 実験用アイリッヒ ミキサで1分間混合し, 混合した土を必要な最大乾燥密度をうる重量分だけモルトに入れ, これを静的に圧縮し, $\phi 5\text{ cm} \times h 10\text{ cm}$ のサンプルを作成した。また C.B.R. 用のサンプルも一軸圧縮試験用と同様に静的に圧縮し作成された。

6. 締め固め試験結果

ラテライト, サンゴ礁風化土ともに石灰およびセメントの混合比を 0, 2, 4, 6, 8% とし, Mod. AASHO および JIS A 1210 でのそれぞれの最大乾燥密度, 最適含水比を求めた。図-7, 8 にはラテライト, サンゴ礁風化土の混合比と最大乾燥密度の関係を示した。ラテライトの最大乾燥密度は風化土に比してどの条件においても

図-7 ラテライトの混合比と最大乾燥密度

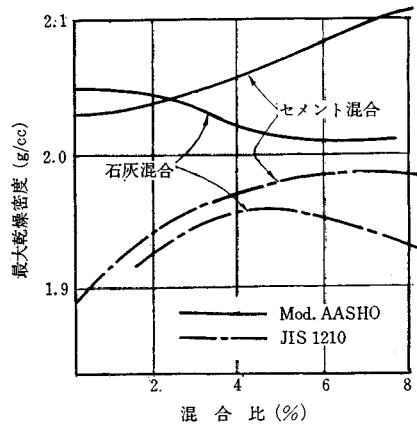


図-8 サンゴ礁風化土の混合比と最大乾燥密度

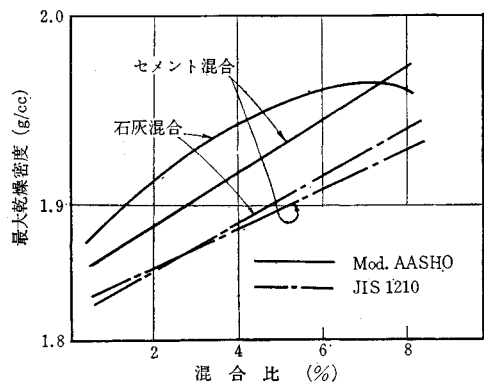
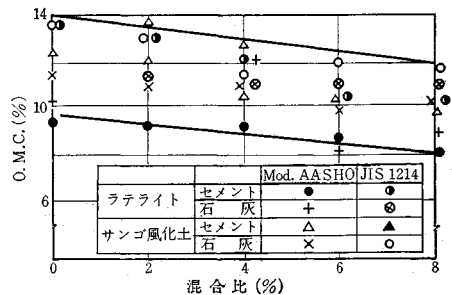


図-9 O.M.C. と混合比の関係



大である。図-7 においてラテライトと石灰とを混合した場合, 混合比がほぼ4% 付近より最大乾燥密度が低下した。この条件を除いた他の条件では混合比が大となればその最大乾燥密度も大となった。

最適含水比と混合比の関係は図-9 に示したが, 各条件間の一般的傾向としては混合比が大となれば, O.M.C. は低下する傾向にある。タンザニアはいわゆるサバンナ気候であるので乾燥季の自然含水比は, ほぼ最大含水比かむしろそれ以下であるから, 施工に際しては散水が必要である。

7. 混合比と C.B.R. 値の関係

締め固め試験よりえられた最大乾燥密度, O.M.C. になるように資料を調整し C.B.R. モールドで静的に締め固めてサンプルを作成した。タンザニアでは従来, 安定処理土の判定は C.B.R. 値だけで行なっていた。この判定法では砂質土は非常に大きな値を示す傾向がある。

図-10 混合比と C.B.R. の関係 (非浸水)

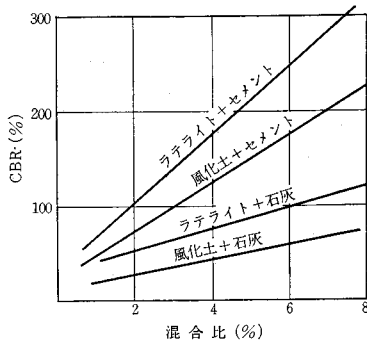


図-10 に混合比と C.B.R. 値の関係を示したが, 一般的に混合比が大になるにつれて C.B.R. 値も大となり, セメント処理では混合比 3% 付近で C.B.R. 値が 100% を超える。石灰安定処理はセメント処理に比して C.B.R. 値は小さい。

8. 一軸圧縮強度

一軸圧縮試験用のサンプルの作成方法は, 5. 実験条件の項にのべた通りである。

図-11 に混合比と一軸圧縮強度との関係を示した。この図の各条件の関係曲線は 3 個のサンプルの平均値である。またサンプルはモールドより脱型後, パラフィンワックスで 7 日間, シールし非浸水で試験した。図-11 においてセメント処理は石灰処理に比して強度は大で,

図-11 混合比と一軸圧縮強度 (ワックスシール 7 日間, 非浸水)

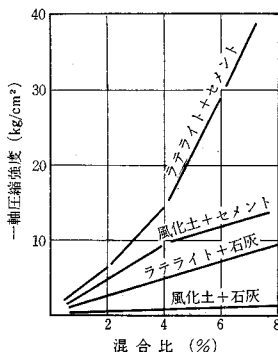
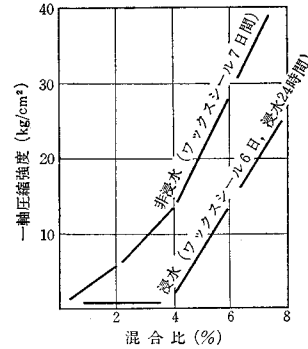


図-12 ラテライトとセメント混合の浸水, 非浸水の強度



またラテライトの処理土が風化土に比して強い傾向を示している。図-10, 11 に示したようにラテライトのセメント処理は他の条件に比してまさっていることがわかった。ラテライト セメント処理の非浸水時と浸水時の強度の関係を求めたものを 図-12 に示した。この図より非浸水に比して浸水 (ワックスコート 6 日間, 浸水 24 時間) の一軸圧縮強度の値は約 15 kg/cm² 低下することが知られる。

9. む す び

この報告はタンザニアの土質についての概略と, 代表的な土であるラテライト, およびサング礁風化土のセメント, 石灰安定処理についてのべたものである。

一般的な観察から, タンザニアと日本の土質を比較すればタンザニアは日本に比して土の種類は少なくその施工はどちらかといえばやさしいといえる。しかし, 舗装路盤の安定処理では土の自然含水比が最適含水比よりも低いので, 混合転圧後の養生には十分注意を払う必要がある。現在, タンザニアの大きな土木工事は大部分外国のコントラクターによって施工され, イギリス, イタリア系のものが従来工事を獲得していたが, 最近, アメリカの借款が入るにつれてアメリカの資本も入りつつある。また中共も鉄道建設にともない資材と技術者を送りつつある。日本は電器製品, カメラ等をこの国に輸出しているが, タンザニアの側から見れば輸入規制をしているにもかかわらず輸入超過になりやすい。

北欧諸国, アメリカ, 中共などは無償援助の形で公共事業関係の建設を積極的に進めているが, 日本もこのような形での後進国援助を行なわなければならない時に来ていると考えられる。

この報告が今後進められるであろう後進国の建設援助のささやかな資料とでもなければ幸いである。

参考文献

- 1) E.C.J. Mohr & F.A. Van Baren : Tropical Soil
- 2) 山下 宏 : インドネシアの土木および土質事情, 未発表